

Markus Viiri

TELEVISIOSATELLIITTIJÄRJESTELMÄN PERUSTEET JA
YLLÄPITO KONEMESTARIN NÄKÖKULMASTA

Merenkulun koulutusohjelma

Insinööri

2012

TELEVISIOSATELLIITTIJÄRJESTELMÄN PERUSTEET JA YLLÄPITO KONEMESTARIN NÄKÖKULMASTA

Viiri, Markus
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Merenkulun koulutusohjelma
Huhtikuu 2012
Ohjaajat: Syrjä, Joni ja Uola, Kirsi
Sivumäärä: 35
Liitteitä: 2

Asiasanat: satelliitti, televisio, polarisaatio

Opinnäytetyön aiheena oli käsitellä aluksen televisiosatelliittijärjestelmään liittyviä komponentteja, sen ylläpitoa sekä tulevaisuuden järjestelmiä ja suunnittelua. Aihe valikoitui sen vuoksi, että oma halu kehittää osaamista tällä osa-alueella oli erittäin suuri. Satelliittijärjestelmiä ei ole käsitelty osana merenkulun insinöörin opintoja.

Alkuosa työstä käsittelee yleisesti erilaisia satelliittityyppejä, mutta työ pääasiassa keskittyy GEO-satelliitteihin. Keskimäinen osa käsittelee aluksessa olevien kannen ylä- ja alapuolisten laitteiden teknistä toimintaa ja niihin liittyviä taajuuksia. Jälkimmäisessä osassa keskitytään laitteiden huoltoon, suunnittelussa huomioon otettaviin asioihin sekä tulevaisuuden sovelluksiin.

Tietoa kerättiin pääasiallisesti Internetistä erilaisista alaan liittyvistä sivustoista sekä haastattelemalla alan suurinta toimijaa Suomessa.

Työn tarkoituksena on tarjota perustietoa satelliittijärjestelmistä, ohjeita ongelman ratkaisuun aluksilla sekä näkökulmaa huoltoon ja ylläpitoon.

TELEVISION SATELLITE SYSTEM BASIC'S AND MAINTENANCE FROM ENGINEER PERSPECTIVE

Viiri, Markus

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Maritime Engineer

April 2012

Supervisor's: Syrjä, Joni and Uola, Kirsi

Number of pages: 35

Appendices: 2

Keywords: satellite, television, polarization

The purpose of this thesis was to handle component's that are involved in ship satellite television system, maintenance and future system's. Topic selected because I had big desire to develop own expertise in this area. Satellite systems are not handled as part of the maritime engineer studies.

First part of the work generally handle's different type of satellites but main focus at work is in GEO-satellites. Middle part of the work deal with technical principle of the ship above and below unit's and radio frequencies that are involved in these systems. In the later part of the work main focus is in service of equipment's, designing challenges and future applications.

Information was gathered primarily from the Internet from different type of webpage's which were related to the sector. Biggest dealer in this sector in Finland was also interviewed.

The purpose of this work was to provide basic information on satellite systems, instructions for problem solving onboard and perspective on service and maintenance.

SISÄLLYS

1 JOHDANTO.....	5
2 SATELLIITTIJÄRJESTELMÄN PERUSTEET.....	6
2.1 Yleiskuvaus.....	6
2.1.1 LEO-satelliitit.....	7
2.1.2 MEO-satelliitit.....	8
2.1.3 HEO-satelliitit.....	9
2.2 GEO-satelliitti.....	10
2.3 Satelliittien taajuudet ja standardit.....	11
3 LAITTEET ALUKSELLA.....	13
3.1 Kannen yläpuolinen yksikkö (ADU).....	13
3.1.1 Rakenne.....	14
3.1.2 Polarisatio.....	17
3.1.3 Satelliittien peittoalue (footprint) ja signaalitasot.....	20
3.2 Kannen alapuoliset laitteet (BDE).....	23
3.2.1 Antenna Control Unit (ACU).....	23
3.2.2 Multiswitch.....	26
4 YLLÄPITO.....	27
4.1 Huolto.....	27
5 SUUNNITTELU JA TULEVAISUUS.....	29
5.1 Suunnittelu.....	29
5.2 Tulevaisuus.....	32
6 YHTEENVETO.....	34
LÄHTEET.....	35
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Ajatus tähän opinnäytetyöhön syntyi sen jälkeen, kun olin työskennellyt yksityisessä jahdissa joulukuusta 2010 toukokuuhun 2011. Siellä ollessani ymmärsin, miten tärkeää jahtien omistajille on, että televisio- ja tietoliikenneyhteydet toimivat. Mikäli rahtialuksessa on sähkömies, hän yleensä vastaa järjestelmistä tai sitten joku perämiehistä, koska laitetila sijaitsee yleensä lähellä komentosiltaa, mutta usein kenelläkään laivan miehistöstä ei ole koulutusta järjestelmän hoitamiseen. Laitetoimittaja voi antaa pikaisen koulutuksen järjestelmän toimituksen yhteydessä ja puhelinnumeron, josta voi saada teknistä tukea. Isommissa jahdeissa ja risteilyaluksissa on erikseen asiaan koulutettu henkilö tai koulutettuja henkilöitä, mutta pienemmissä jahdeissa järjestelmän hoitaminen jää yleensä konemestarin ja/tai konepäällikön hoidettavaksi.

Tätä osa-aluetta ei myöskään merenkulun insinöörin opinnoissa käsitellä, koska Suomessa ei ole suuria jahteja, mutta halusin syventää tietämystä siitä, kuinka järjestelmät toimivat ja mitkä asiat tulee ymmärtää laitteiston ylläpidon kannalta. Toivon, että tästä työstä on hyötyä myös kauppa-alusten miehistölle, koska trendinä on satelliittijärjestelmien asentaminen yhä pienempiin aluksiin. Varustamot haluavat olla jatkuvassa yhteydessä aluksiin, ja lisääntynyt järjestelmien määrä on myös laskenut järjestelmien hankintakustannuksia sekä kuukausimaksuja. Työn tarkoituksena ei ole kouluttaa lukijasta järjestelmäasiantuntijaa, vaan antaa peruskäsitys systeemien toiminnasta, mikä voi helpottaa ongelman ratkaisua aluksilla.

Tämä työ on osittain jatkoa merikapteeni Petri Rautiaisen syyskuussa 2011 valmistuneelle työlle ”M/S Ailan satelliittijärjestelmän uudistus”, jossa Rautiainen käsittelee aihetta enemmän kaupalliselta puolelta (Rautiainen 2011).

Tietoa on etsitty Internetistä sekä haastattelemalla alan johtavaa toimijaa Suomessa. Käsiteltäessä aluksessa olevia laitteita pääasiallisena lähteenä on ollut Sea Tel 04 -sarjan televisioantenni. Televisio- ja tietoliikennesatelliitit on aiheena laaja, ja rajasin työn käsittelemään ainoastaan televisiopuolta. Suurimmat laitevalmistajat ovat

amerikkalaiset MTN Satellite Communications sekä Sea Tel, joka kuuluu Cobham konserniin.

2 SATELLIITTIJÄRJESTELMÄN PERUSTEET

2.1 Yleiskuvaus

Satelliittijärjestelmä koostuu taivaalla kiertorataa kiertävistä satelliiteista, sekä maa-aseamista. Ensimmäinen satelliitti laukaistiin avaruuteen vuonna 1957 silloisesta Neuvostoliitosta ja oli nimeltään Sputnik 1. Sputnikin toiminta-aika oli 22 vuorokautta, ennen kuin akuista loppui virta, ja kolmen kuukauden kuluttua se iskeytyi takaisin maahan. Ensimmäinen kommunikointisatelliitti oli amerikkalaisten joulukuussa 1958 laukaisema Score. Score kykeni ainoastaan lähettämään ennalta nauhoitettua ääntä maahan, mutta se antoi lähtölaukauksen tietoliikennesatelliiteille. Sen jälkeen kiertoradoille on lähetetty tuhansia satelliitteja. Tällä hetkellä International Telecommunication Unionin (ITU) mukaan maapalloa kiertää yli 900 satelliittia. (ITU:n [www-sivut 2012.](#))

Satelliittien käyttötarkoitukset vaihtelevat suuresti sotilaallisista tietoliikenteeseen ja tutkimussatelliitteihin. Satelliittien kiertoradan korkeudet eroavat merkittävästi toisistaan ja sillä perusteella ne voidaan jakaa kolmeen pääryhmään: matala Maan kiertorata (low earth orbit) 100–2000 km, keskikorkea Maan kiertorata (medium earth orbit) 2000–15 000 km ja korkea Maan kiertorata (highly elliptical orbit) yli 35 786 km. (NASA:n [www-sivut 2012.](#)) Tässä työssä käsitellään enemmän GEO-satelliitteja, koska ne liittyvät olennaisesti televisiosatelliittijärjestelmään. LEO- ja HEO-satelliitit käsitellään ainoastaan pääpiirteittäin.

Ensimmäinen maailmanlaajuinen televisiosatelliittilähetys lähetettiin Euroopasta 25.7.1967. Sillä oli 400–700 miljoonaa katsojaa 31 maassa. Ensimmäisen ohjelman nimi oli Our World, ja siinä esiintyivät mm. Maria Callas, Pablo Picasso ja The Beatles. Parhaiten ohjelma muistetaan kuitenkin The Beatlesin ohjelmaa varten kirjoittamasta kappaleesta All you need is love. (EBU:n [www-sivut 2012.](#)) Kappaleella The

Beatles otti kantaa edelleen käynnissä olevaan Vietnamin sotaan. Tämän jälkeen televisiota on hyödynnetty erittäin laajasti propagandan levittämisessä ympäri maailman. Viime aikoina Internet on syrjäyttänyt television suuren merkityksen tiedonvälityksessä, koska Internet mahdollistaa yksilöiden sisällöntuottamisen helposti kaikkien nähtäväksi. Tässä on kuitenkin hyvä muistuttaa kriittisen tarkastelun tarpeellisuudesta Internetistä löytyvään aineistoon.

2.1.1 LEO-satelliitti

LEO-satelliitteja käytetään yleisesti tiedonsiirtoon, koska matalasta lentoradasta johtuen viivearvo on kaikista pienin. Järjestelmä tosin vaatii yhteysvastuun (handover) eli kanavanvaihtoja. Satelliitit ovat jatkuvassa yhteydessä naapurisatelliitteihin sekä maa-asemiin. (Penttinen 2006, 127–129.) Se sisältää 66 ristiin kytkettyä satelliittia, jotka kattavat koko maapallon. Järjestelmä on kuitenkin kallis käyttää, koska hinnoittelu perustuu käytetyn tietomäärän siirtoon. (Iridiumin [www-sivut](#) 2012.)

Iridiumin satelliittipuhelimet ovat varmasti tunnetuin sovellus, johon LEO-satelliitteja käytetään. Johtuen matalasta lentoradasta yhteydenpitoon ei tarvita suurta antennia, jolloin esimerkiksi hieman matkapuhelinta suuremmilla puhelimilla on mahdollista saada yhteys mistä päin maailmaa tahansa. Jahdeissa Iridium-järjestelmää ei juuri käytetä tiedonsiirtoon johtuen suurimmaksi osaksi sen hitaudesta. Aluksilla saattaa kyllä olla muutamia kappaleita Iridium-puhelimia puheyhteydenpitoa varten. Puheluhinnat vaihtelevat mihin numeroon soitetaan, mutta karkeasti voidaan niiden sanoa olevan 1-10 \$ / min. Järjestelmän eduksi voi mainita stabiilin antenniratkaisun, jolloin huollon tarve erittäin vähäinen ja antennin koko huomattavasti pienempi kuin tavallisella moottoroidulla lautasantennilla.



Kuva 1. Iridiumin maailmanlaajuinen LEO-satelliittijärjestelmä (Iridiumin www-sivut 2012).

2.1.2 MEO-satelliitti

MEO-rataa käytetään pääasiassa paikannuspalveluita tarjoaviin satelliitteihin. Ensimmäinen maailmanlaajuinen järjestelmä oli amerikkalainen Global Positioning System (GPS), jonka kehitti Yhdysvaltain puolustusministeriö sotilas- ja siviilikäyttöön. Järjestelmä koostuu 24 satelliitista, joista kerralla voi maksimissaan olla näkyvillä 12. Minimiin määritystarkkuuteen päästään kuitenkin jo neljän satelliitin avulla, mutta mitä enemmän satelliitteja, sitä tarkempi paikka.

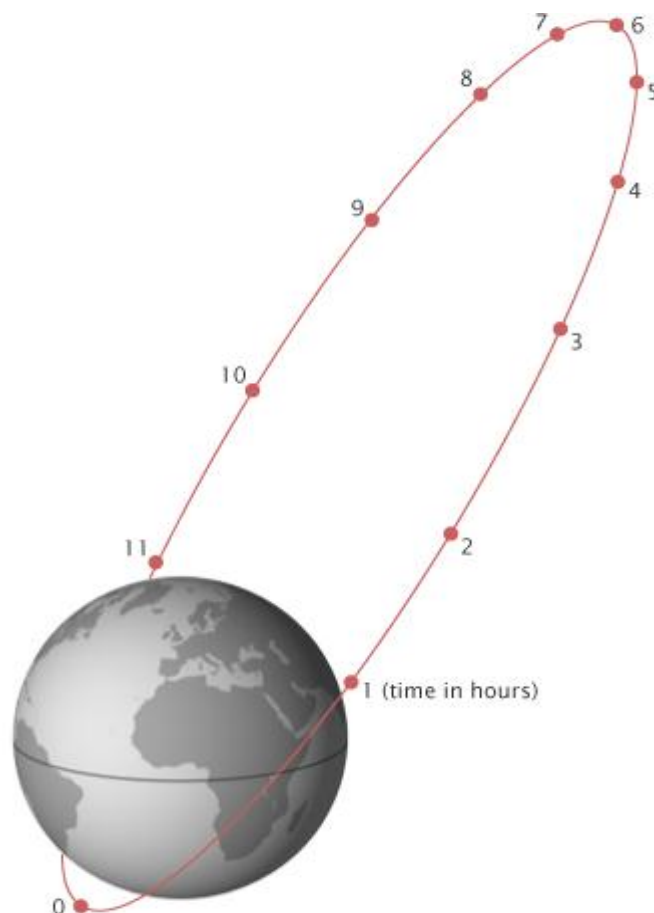
Aluksi amerikkalaiset käyttivät häirintäkoodia siviilikäyttöön, jolloin paikannustarkkuus oli parhaimmillaan muutaman sadan metrin luokkaa. Merenkulun käyttöön kehitettiin differentiaalinen GPS, jolla pyrittiin poistamaan häirinnän aiheuttama epätarkkuus paikan määrittämisessä. Maihin perustettiin referenssiasemia, jonka paikka oli tarkasti tiedossa. Asema vertaa GPS-järjestelmästä tulevaa paikkatietoa ja korjaa mahdollisen virheen. Korjaustieto lähetetään lähialueen aluksille ULA-alueen RDS-radiokanavilla. 2000-luvun alussa amerikkalaiset poistivat häirintäkoodin, mutta turvallisuussyistä DGPS on edelleen käytössä. (Penttinen 2006, 133–134.)

Eurooppalainen European Space Agency (ESA) on kehittänyt omaa paikannusjärjestelmäänsä jo 1990-luvulta lähtien. Ensimmäinen paikannussatelliitti testausta varten saatiin avaruuteen vuonna 2005 ja seuraava vuonna 2008. Lokakuussa 2011 lähetet-

tiin kaksi ensimmäistä varsinaista paikannussatelliittia, ja kaksi seuraavaa tullaan lähettämään vuonna 2012. Varsinaisessa käytössä järjestelmässä tulee olemaan 27 satelliittia ja kolme varasatelliittia. Galileo tulee olemaan ensimmäinen huipputarkka täysin siviilikäyttöön tehty järjestelmä. Siinä on tarkoitus tarjota viiden eri tason palveluja ilmaisesta kuluttajatasosta ainoastaan viranomaisten käyttöön tulevaan kriisitason. ESA:n mukaan Euroopan Unionin bruttokansantuotteesta 6–7 % (noin 800 miljardia euroa) on jo riippuvaista satelliittinavigoinnista. Rakentamalla oma järjestelmä emme ole riippuvaisia muiden paikannusjärjestelmistä. Galileo tulee kuitenkin olemaan yhteensopiva GPS:n ja venäläisen GLONASS-järjestelmän kanssa. (ESA:n [www-sivut 2012.](#))

2.1.3 HEO-satelliitti

HEO-rata on erikoistyyppisin satelliittirata, koska se on edellisistä poiketen nimensä mukaan elliptinen. Tyypillinen käyttöalue ovat napa-alueet, jotka muodostavat ongelman GEO-satelliittien peittoalueelle. Elliptisen kiertoradan etuna on satelliitin hidasliike suhteessa maapalloon sen ollessa kauimpana ja nopea pyyhkäisy maapallon ympäri, koska lentorata on silloin hyvin matala. HEO-satelliitteja käyttää lähinnä Venäjä johtuen suurista alueista yli 60° leveyspiirin pohjoispuolella. Molnija-kierto kestää 12 tuntia, ja sen inkliinaatio eli kaltevuuskulma mitattuna suhteessa päiväntasaajaan on suuri (63,4°), ja sillä on suuri eksentrisyys eli epäkeskeisyys (0,722). (NASA:n [www-sivut 2012.](#))



Kuva 2. Molnija-kiertorata (NASA:n www-sivut 2012).

2.2 GEO-satelliitti

Geosynkrinen kiertorata sijaitsee päiväntasaajalla korkeudessa 35 786 km maanpinnasta ja on merkittävin, koska tässä korkeudessa satelliitin ja maapallon kiertonopeus on melkein identtinen, eli satelliitti kiertää maata samalla kulmanopeudella, jolla maapallo pyörii. Tämän seurauksena satelliitin voidaan ajatella pysyvän maan suhteen paikallaan, jolloin peittoalue on pysyvästi määriteltä. Kolmella toisistaan 120° :ssa sijaitsevilla satelliitilla voidaan peittää koko maapallo, pois lukien napalueet. Sen ansiosta maa-antennien suuntaaminen on huomattavasti helpompaa, eikä tarvitse huolehtia yhteysvastuunvaihdosta, ja tarvittava tekniikka halvempaa. Tämän seurauksena verkon käyttökustannukset asiakkaille ovat halventuneet ajan mittaan ja kaistaleveydet ovat lisääntyneet. Tyypillinen kestoikä satelliiteille on 15–20 vuotta ja yhteen ITU:n antamaan slottiin voidaan maksimissaan sijoittaa kahdeksan satelliittia. (MIT:n www-sivut 2012.)

GEO-satelliitteja käytetään pääsääntöisesti tietoliikenteeseen, televisiolähetyksiin sekä sääpalveluiden tuottamiseen, ja se on merkittävin satelliittityyppi. Yksi huono puoli on satelliitin korkea lentorata, joka suuren etäisyyden vuoksi aiheuttaa vapaan-tilan vaimennusta. Radiosignaali menee keskimäärin 0,25 sekuntia saavuttaa ja palata takaisin satelliitista aiheuttaen pienen, mutta merkittävän signaaliviiveen. Tämä vaikeuttaa puhelinominaisuuden Voice over IP (VoIP) käyttöä ja vähentää yleis-ten tietoliikenneverkon protokollien suorituskykyä, kuten Transport Control Protocol/Internet Protocol (TCP/IP). (Penttinen 2006, 127–129.)

Televisiolähetysten seuraamiseen tällä viiveellä ei ole merkitystä, koska järjestelmä ei ole interaktiivinen. Toisena heikkoutena voidaan mainita maantieteellinen peitto-alue. Maa-asemilla, joiden leveyspiiri on karkeasti yli 60° etelään tai pohjoiseen, voi olla hankaluuksia luotettavan signaalin vastaanottamiseen matalilla korkeuksilla. Lautasantennit joudutaan suuntaamaan melkein suoraan kohti horisonttia, jolloin sig-naalin etenemistä voi haitata maan pinnan muodot, kasvillisuus tai jopa rakennukset.

GEO-satelliitteja oli 16.3.2012 kiertoradalla 401 kappaletta. Suurimmat satelliittiope-raattorit ovat Intelsat (61 satelliittia), SES S.A. (50) ja Eutelsat (28) (Satellite Signa-lin [www-sivut](#) 2012.)

2.3 Satelliittien taajuuudet ja standardit

Yhdistyneiden Kansakuntien (UN) alaisen järjestön International Telecommunicati-on Union (ITU) tehtävänä on allokoita globaaleja radiotaajuuksia sekä satelliittien kiertoratoja. ITU:n tehtävänä on luoda teknisiä standardeja, jotka varmistavat tieto-verkon ja teknologian saumattoman yhteensopivuuden. Lisäksi sen on pyrittävä pa-rantamaan alipalvelujen yhteisöiden pääsyä tieto- ja viestintätekniikan pariin. ITU edustaa 192:ta valtiota ja 700:aa yksityisen sektorin toimijaa. Tänä päivänä radio-määräykset sisältävät taajuusalueet 9 kHz – 400 GHz sekä yli 1000 sivua määräyksiä siitä kuinka spektriä tulee käyttää ja jakaa.

World Radiocommunication Conference pidetään noin 3–5 vuoden välein ja, siellä päätetään yhteisesti käytettävät taajuudet. Satelliittijärjestelmien tietoliikennekäytössä ovat yleisimmin taajuudet C-band (4–8 GHz), X-band (8–12 GHz), Ku-band (12–18 GHz) ja Ka-band (26,5–40 GHz). Operaattoreiden on jatkuvasti siirryttävä yhä suurempien taajuuksien käyttöön, koska alemmat taajuudet alkavat olla täynnä. Suurien taajuuksien käyttö asettaa omat haasteensa, koska signaalin eteneminen ilmakehässä on enemmän häiriöherkkä kuin matalampien taajuuksien.

(ITU:n [www](http://www.itu.int)-sivut 2012.)

Taajuusaluetta 3–30 GHz kutsutaan termillä Super High Frequency (SHF). Ku-band on yleisin käytössä oleva televisiosatelliittien taajuusalue, mutta aluetta käytetään paljon myös datan sekä äänen ja kuvan siirtämiseen. Tällä taajuusalueella radioaaltojen eteneminen on suoraviivaista. Käytännössä tällä alueella vaaditaan näköyhteys lähettimen ja vastaanottimen välille. Merkittävämmiksi tekijöiksi muodostuvat sadevaimennus sekä esteistä ja maastosta johtuva vaimennus. C-bandiin verrattuna Ku-band ei ole samalla tavalla tehon rajoittama, jotta ei häiritä maanpäällisiä mikroaaltoja.

Tässä työssä esimerkkinä olevaa Sea Tel 04 -sarjan satelliittiantennia pystytään käyttämään mihin tahansa satelliittiin taajuusalueella 10,95–12,75 GHz, joka tarjoaa riittävän signaalitason lautasen kokoon nähden. Antenni pystyy vastaanottamaan lineaari- ja ympyräpolarisaatioita, mutta oikea Low Noise Block converter (LNB) on oltava asennettuna halutun signaalin vastaanottoon.

3 LAITTEET ALUKSELLA

3.1 Kannen yläpuolinen yksikkö (ADU)

Above Deck Unit (ADU) sisältää stabiloidun antennijalustan sisäänrakennetulla GPS-yksiköllä, heijastimen eli satelliittilautasen, mikropään ja suojakuvun. Aluksissa moottoroitu heijastin on koteloitu pyöreän lasikuidusta valmistetun suojakuvun sisään. Suojakuvussa on antennin koosta riippuen yksi tai useampi huoltoluukku pienimpiä huoltotoimenpiteitä ja tarkistuksia varten.

Kuivan suojakuvun aiheuttama vaimennus on 1,5 dB 12 GHz:n taajuudella, ja se kestää 160 km/h keskimääräistä tuulta mistä suunnasta tahansa. Antennien painot alkavat noin 80 cm halkaisijaltaan olevan antennin 80 kg:sta ja päätyvät suurimpiin antenneihin, joissa halkaisija on lähemmäs neljä metriä ja paino useita satoja kiloja.

Antennin perustana on kauppa-aluksissa yleensä hitsattu jalusta laivan standardikomentosillalle, mutta jahdeissa antennit ovat yleensä sijoitettuina erilliseen antennimastoon kaiken yläpuolelle. Toinen ero on se, että kauppa-aluksissa televisiosatelliittiantenneja on yleensä yksi. Pienemmissä jahdeissa televisiosatelliittiantenneja on yleensä minimissään kaksi kappaletta. Näillä toimenpiteillä pyritään varmistamaan katkeamaton yhteys satelliitteihin. Suurien jahtien omistajat ovat valmiita maksamaan siitä, että yhteydet merellä ovat samaa tasoa kuin maissa, on sitten kyse tiedonsiirrosta tai television katselusta.

Seuraavassa kuvassa on tällä hetkellä maailman suurin jahti M/Y Eclipse, ja näkyvillä on kahdeksan satelliittiantennia. Pienemmissä jahdeissa antenneja on yleensä minimissään kolme kappaletta.



Kuva 3. M/Y Eclipse (Superyachtimagesin [www-sivut](http://www-superyachtimages.com) 2012).

3.1.1 Rakenne

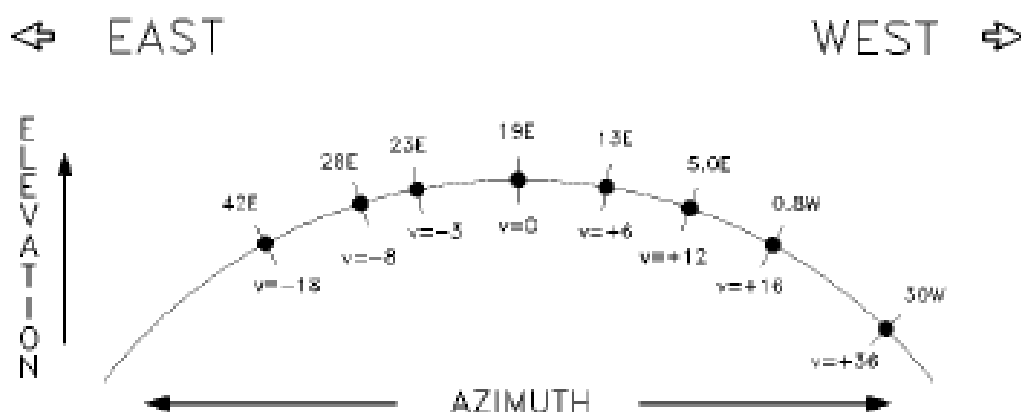
Satelliittilautanen on alumiinista valmistettu paraboloidinen peili, joka kokoaa kaiken sähkömagneettisen säteilyn yhteen kohtaan. Kaikki mikropään suuntaiset säteet heijastuvat tarkasti mikropäähän, josta signaali jatkaa kaapeleita pitkin kannen alapuolisiin laitteisiin. Aluksen satelliittiyksikkö voi sisältää yli 275 yksittäistä osaa, ja se on asennettu kolmoisnivellyttyyn jalustaan. Jalusta on eristetty jousien avulla aluksen rungosta ja aluksen tehdessä liikkeitä (roll, pitch ja yaw) Pedestal Control Unit (PCU) -jalustan kontrolloiyksikkö antaa tiedon moottoroiduille nivelille, kuinka liikuttaa satelliittilautasta pitäen sen jatkuvasti suunnattuna satelliittiin. Tiedot PCU saa aluksen hyrräkompassista sekä sisäänrakennetuista kiihtyvyyssantureista. Moottorit reagoivat erittäin nopeasti aluksen liikkeisiin, ja antennivalmistajat antavat tiedot, mihin asti takaavat, että antenni pysyy mukana aluksen liikkeissä. Yksikössä on yleensä sisäänrakennettu GPS, josta antenni saa paikkatiedon.



Kuva 4. Sea Tel 5004 TVRO -televisioantenni ja -suojakuori. Antennilautasen halkaisija 1,27 m ja kokonaispaino 95,3 kg (Cobham:in www-sivut 2012).

Myötä- tai vastapäivään tapahtuvaa antennin liikettä kutsutaan atsimuutti (azimuth) -kiertoliikkeeksi. Yleensä antenni voi kiertyä noin 700° kahden mekaanisen rajan välillä, mutta viimeisimmissä sovelluksissa atsimuuttiliike on rajoittamaton. Aluksen kääntyessä atsimuuttimoottori ajaa antennia vastakkaiseen suuntaan pitäen lautasen kiinni satelliitissa. Mekaaniset rajat rajoittavat atsimuuttiliikettä, ja kun atsimuutti-kierto on noin kolme astetta jommastakummasta rajasta, antennia ajetaan 360° pois-päin pysäytysrajasta. Tämä toiminto purkaa jalustassa kiertyneet kaapelit sekä estää niitä ylikiertymästä. Kiertämällä atsimuuttiasentoa 360° antenni palaa edelliseen atsimuuttiin ja jatkaa halutun satelliitin seuraamista. Tässä vaiheessa on normaalia, että signaali kadotetaan, mutta se palautuu, kun antenni löytää uudestaan halutun signaalin. Aluksella tämän huomaa siitä, kun televisiokuva jähmettyy paikalleen.

Todellisen atsimuuttiosoitinkulman satelliittiin määrittää aluksen leveys- ja pituuspiiri, sekä satelliitin pituuspiiri eli antenni tulisi olla suunnattuna kohti päiväntasaajaa. Mikäli alus on pohjoisella pallonpuoliskolla, atsimuuttikulma satelliittiin tulisi olla 180° , kun satelliitti on samalla pituuspiirillä aluksen kanssa. Vastaavasti satelliitin ollessa itään tai länteen aluksen pituuspiiristä atsimuuttikulma on joko alle tai yli 180° . Tarkistettaessa katkosta voidaan visuaalisesti katsoa yli suojakuvun kohti päiväntasaajaa, jolloin nähdään, onko reitillä mitään esteitä. Mikäli järjestelmä ei löydä yhtään satelliittia, voidaan suojakupu avata ja tarkistaa, että lautanen osoittaa oikeaan suuntaan eli kohti päiväntasaajaa.



Kuva 5. Katseltavissa olevien satelliittien kaari (Cobhamin www-sivut 2012).

Pitchin ja rollin aiheuttamaa liikettä voidaan kompensoida ajamalla antennia korkeussuunnassa ylös ja alas. Laitevalmistajat ilmoittavat kulmat, millä välillä antenni pystyy liikkumaan pystysuunnassa. Keskimäärin ne ovat luokkaa -15° (alaraja) $+120^\circ$ (yläraja). Korkeuskulmansäätö tapahtuu kuitenkin välillä 00.0 (horisontti) ja 90.0 (zeniitti). Kuten atsimuuttisäädössä todellisen korkeuskulman määrittävät aluksen leveys- ja pituuspiiri sekä satelliitin pituuspiiri. Yleisesti sanottuna korkeuskulma on matala, kun aluksella on suuri leveyspiiri ja se kasvaa, mitä lähemmäs päiväntasaajaa alus tulee. Lisäksi mistä tahansa annetusta leveyspiiristä korkeuskulma on suurin, kun haluttu satelliitti on samalla pituuspiirillä, jolla alus on. Jos haluttu satelliitti on idässä tai lännessä, aluksen pituuspiiristä on korkeuskulma pienempi. Satelliittiantennin tarkat tekniset liiketiedot löytyvät liitteestä 1.

Country - Town: Finland / Rauma / Raumo

Technical Information Date: 22.03.12 Latitude: 61° 8' 0" N Longitude: 21° 30' 0" E

Azimuth: 180° Elevation: 20.7° Satellite distance: 42 162 km

Laskentakulmat Raumalta satelliittiin Eutelsat 21,5° E.

Country - Town: Finland / Rauma / Raumo

Technical Information Date: 19.03.12 Latitude: 61° 8' 0" N Longitude: 21° 30' 0" E

Azimuth: -147.9° Elevation: 16.8° Satellite distance: 42 159 km

Laskentakulmat Raumalta satelliittiin Eutelsat 7° W.

Yllä olevasta laskuista selviää, minkälaiset azimuth- ja elevation-kulmat Raumalta tulee olla, että saadaan satelliittilautanen suunnattua haluttuun satelliittiin. Tämä ei vielä määritä kuinka, suuri satelliittiantennin on oltava, vaan se riippuu alueellisesta Effective Isotropic Radiated Powerista (EIRP). Huomioitavaa kuitenkin on se, että etäisyys satelliittiin on noin 6370 km pidempi kuin päiväntasaajalla elevation-kulmalla 90°. (Eutelsatin www-sivut 2012.)

3.1.2 Polarisaatio

Polarisaatio kuvaa antennin säteilevän sähkökentän ominaisuuksia eli sähkökentän orientaatiota. Satelliitista tuleva signaali voi olla joko lineaari- (vertikaalista tai horisontaalista) tai ympyräpolarisoitunutta (vasen- tai oikeakätistä), mutta käytännössä polarisaatio ei ole koskaan täysin puhtaasti lineaari- tai ympyräpolarisaatiota. Yleensä satelliittiantenneissa on mahdollisuus ottaa vastaa molemman tyyppistä polarisaatiota, mutta ei yhtä aikaa.

Riippuen lähettävän satelliitin polarisaatiosta antennissa oleva LNB on joko lineaari- tai ympyräpolarisaatiolle. Mikropäässä on polarisaatiomoottori ja potentiometri. Antenna Control Unit (ACU) saa tiedon potentiometriltä signaalin laadusta ja automaattisesti säätää mikropään asentoa. Mikropäähän kuuluu myös kortti puolen aallon jak-

son pituutta varten, ja se saa satelliitin lineaaripolarisaation heijastumaan mikropäähän. Polarisaation säätämiseksi LNB:tä kierretään joko vastapäivään, jolloin polarisaatioarvo nousee, tai myötäpäivään sen laskemiseksi. Mikäli ympyräpolarisaatiota vastaanottava LNB on asennettuna, ei ole tarpeellista säätää mikropään polarisaatiokulmaa.

LNB:tä on kolmea eri tyyppiä. Dual Circular, joka ottaa vastaan oikea- ja vasenkätisen ympyräpolarisaation, Dual Linear horisontaali ja vertikaali lineaaripolarisaatiolle sekä Quad Linear LNB. Euroopassa suosittu malli on European Quad Universal Linear LNB. Tämä malli voi ottaa vastaan matalan joko/tai korkean taajuusalueen horisontaalista ja vertikaalista lineaaripolarisaatiota samaan aikaan. Sitä voidaan käyttää vastaanottamaan yhtä korkean taajuuden satelliittia ja yhtä matalan taajuuden satelliittia, tai se voi vastaanottaa molempaa matalan ja korkean taajuuden satelliittia samaan aikaan niin kauan, kuin ne ovat samassa pituuspiiripositiossa. Normaalisti antenni kuitenkin vastaanottaa yhtä satelliittia kerrallaan. Raja-arvoja:

US circular LNB, dual output

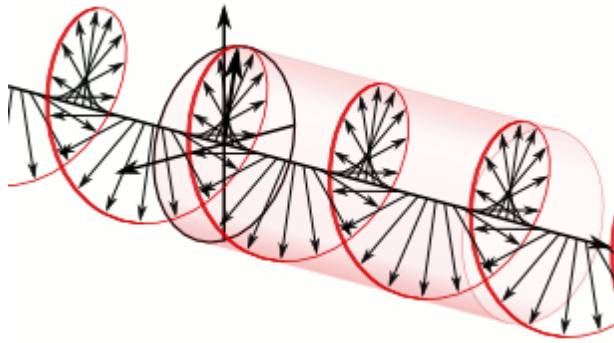
RF frequencies	12,2 – 12,7 GHz
IF frequency	950 – 1450 MHz
LO frequency	11,250 GHz
Polarisaatio	Ympyräpolarisaatio, vasen- tai oikeakätinen

DLA circular LNB, dual output

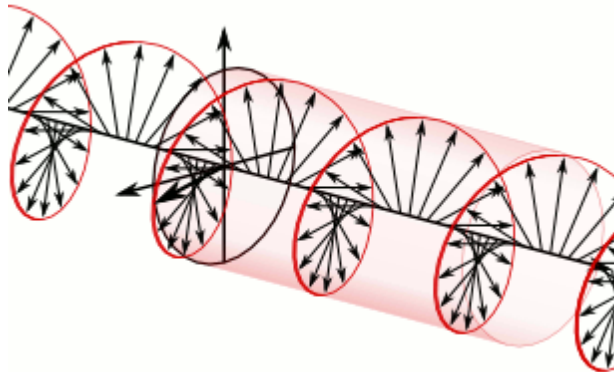
RF frequencies	11,45 – 12,2 GHz
IF frequency	950 – 1700 MHz
LO frequency	10,5 GHz
Polarisaatio	Ympyräpolarisaatio, vasen- tai oikeakätinen

European Quad Universal Linear LNB, quad output

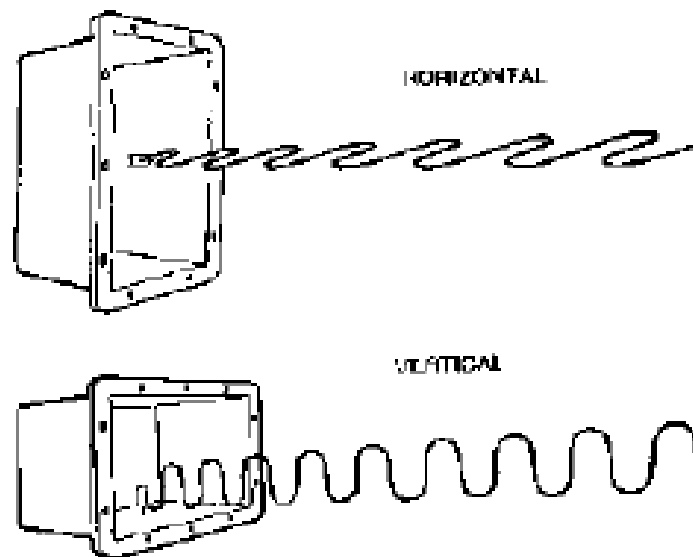
RF frequencies	Low band 10,7 – 11,7 GHz, High band 11,7 – 12,75 GHz
IF frequencies	Low 950 – 1950 MHz, High 1100 – 2150 MHz
LO frequencies	Low 9,75 GHz, High 10,6 GHz
Polarisaatio	2 horisontaali, 2 vertikaali uloslähtöä
Band selection	2 Low ja 2 High uloslähtöä



Kuva 6. Oikeakätinen ympyräpolarisaatio (Cobhamin [www-sivut](#) 2012).



Kuva 7. Vasenkätinen ympyräpolarisaatio (Cobhamin [www-sivut](#) 2012).



Kuva 8. Lineaaripolarisaatio, vertikaalinen ja horisontaalinen (Cobhamin [www-sivut](#) 2012).

3.1.3 Satelliitin peittoalue (footprint) ja signaalitasot

Satelliitin peittoalue määrittää sen maantieteellisen alueen, jonka se pystyy katta-
maan. Se myös kertoo osaltaan, kuinka suuri vastaanottava satelliittilautanen on olta-
va, varsinkin reuna-alueilla. Signaali on luonnollisesti vahvin peittoalueen keskellä ja
heikkenee siirryttäessä kuvion reunoille. Peittoaluekartat on tarkoitettu ohjeelliseksi
vastaanottoon, mutta todellinen peittoalue ja signaalitaso vaihtelevat. Sää on suurin,
ei rakenteellinen tekijä, joka vaikuttaa signaalin vahvuuteen. Ilmakehän olosuhteet,
jotka voivat aiheuttaa riittävää signaalitason heikkenemistä, ovat esimerkiksi sade,
lumisade, kova sumu ja jotkut auringon aktiivisuudet, kuten auringonpilkut ja auringon-
purkaukset. Näistä kaikista yleisin on sadehäipyminen (rain fade), jossa sade pu-
toaa ilmakehässä heikentäen satelliitin signaalia. Mitä kovempi sade, sen suurempi
häviö, ja kun häviö on tarpeeksi suuri, antenni menettää kontaktin satelliittisignaaliin.
Kun sade on heikentynyt riittävästi, antenni etsii uudelleen satelliittisignaalin. Voi-
makkaalla signaalialueella noin 10 cm:n sademäärä tunnissa aiheuttaa signaalin täy-
dellisen häviämisen, ja heikoimmilla alueilla riittää jo huomattavasti kevyempi sa-
demäärä.

Vastaanotettavan signaalin taso tietyssä pisteessä on riippuvainen lähetystehosta ja
siitä, kuinka leveä signaalin keila on. Keskittämällä signaali kapealle alueelle tiivistyy
sen energia pienemmälle alueelle. Tämä tekee mahdolliseksi käyttää pienempää
satelliittilautasta signaalin vastaanottamiseen. Antenni täytyy maantieteellisesti sijai-
ta alueella, jossa satelliitin signaalitaso kohtaa tai ylittää minimitason, jonka satelliit-
tilautanen vaatii tarjotakseen riittävän vastaanoton. Tätä rajoittaa satelliittien määrä,
joita voidaan käyttää, ja merialueet, mihin alus voi matkustaa, missä signaalitason
oletetaan olevan riittävän vahva tarjotakseen häiriöttömän vastaanoton. Matkustetta-
essa ulospäin tästä minimitasosta systeemi menettää kykynsä tarjota haluttua satelliit-
tipalvelua, kunnes saavutaan uudestaan alueelle, jossa on riittävä signaalitaso. Sys-
teemit, joissa antennin halkaisija on suuri, pystyvät vastaanottamaan signaalia pi-
demmälle kohti annetun peittoalueen reuna-alueita.

Televisiosatelliitin tärkein tekninen arvo on EIRP. EIRP on lähettimen vastaanotti-
melle lähettämä teho, joka on lähetystehon ja lähetysantennin vahvistuksen yhteistu-
los.

EIRP (teoreettinen) on lähettimen vastaanottimelle lähettämä teho, kun oletetaan signaalin säteilevän tasaisesti joka suuntaan, kuten palloaalto säteilisi pistemäisestä lähteestä.

Säteilyteho (EIRP, dBW) on lähetystehon ja lähetysantennin vahvistuksen yhteistulos jolla on eri arvo eri suuntiin.

$$\text{EIRP} = G * P = 10^{(g/10)} * P [\text{W}]$$

G: Antennin vahvistuskerroin

g: Antennin vahvistus [dBi]

P: Lähetysteho [W]

Alla olevat arvot koskevat vain Ku-bandia. Oletuksena on Universal LNB 0,7 dB:n kohinaluvulla:

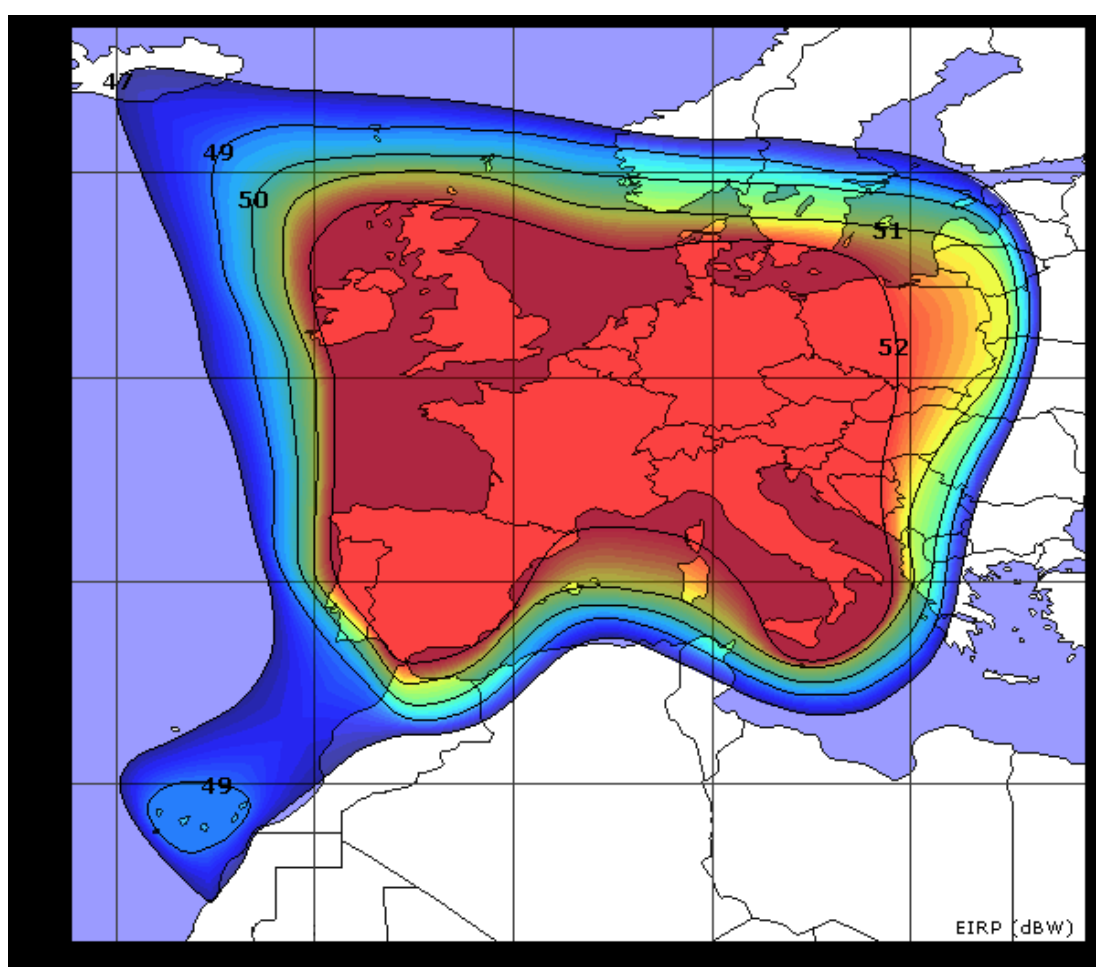
EIRP kentänvoimakkuus	Antennin läpimitta
64 dBW	22 cm
63 dBW	24 cm
62 dBW	26 cm
61 dBW	28 cm
60 dBW	30 cm
59 dBW	32 cm
58 dBW	34 cm
57 dBW	36 cm
56 dBW	38 cm
55 dBW	40 cm
54 dBW	45 cm
53 dBW	50 cm
52 dBW	50 cm
51 dBW	55 cm
50 dBW	60 cm
49 dBW	60 cm
48 dBW	60 cm

EIRP kentänvoimakkuus	Antennin läpimitta
47 dBW	75 cm
46 dBW	80 cm
45 dBW	90 cm
44 dBW	90 cm
43 dBW	100 cm
42 dBW	110 cm
41 dBW	120 cm
40 dBW	120 cm
39 dBW	135 cm
38 dBW	150 cm
37 dBW	180 cm
36 dBW	240 cm
35 dBW	300 cm
34 dBW	355 cm
33 dBW	400 cm
32 dBW	450 cm

Taulukko 1. Antennin koon määrittäminen (Satlexin www-sivut 2012).

Taulukko kertoo tulevan lähetteen tehon eli vaadittavan vastaanottavan antennin suuruuden. Teho on tärkein tekijä signaalin laadussa satelliitin ja antennin välillä, eli mitä suurempi EIRP-arvo, sitä parempilaatuinen signaali ja sen pienempi antenni riittää

vastaanottoon. Logaritmisena asteikon vuoksi 3 dB:n EIRP:n nosto vastaa tehon kaksinkertaistamista wateissa, ja 10 dB vastaa kerrointa kymmenen. Mikäli oletetaan satelliitin maksimilähetteen 50 dBW, vastaanottavan antennin kooksi riittää noin 60 cm. Tämä alue on kuitenkin vaan pieni osa peittoalueesta, ja yleisesti voidaan sanoa, ettei alle yhden metrin halkaisijalla varustettua antennia merenkulkuun kannata hankkia. Aikaisemmassa kuvassa 4 olleen Sea Tel 5004 -antennin halkaisija on 1,27 m ja minimi EIRP 41 dBW. Kaikista suurimmassa Sea Tel -antennissa, jossa halkaisija on 3,6 m, minimiarvot ovat C-band 28 dBW ja Ku-band 32-33 dBW. (Cobhamin [www-sivut](http://www.cobham.com) 2012.)



Kuva 7. Astra 2 South, 28.2° East -satelliitin peittoalue (Seasatcomin [www-sivut](http://www.seasatcom.com) 2012).

3.2 Kannen alapuoliset laitteet (BDU)

Below Deck Unit (BDU) -laitteisiin kuuluvat kaapelointi, ACU, multiswitch, mahdollinen kosketusnäytöllinen ohjain, satelliittivideovastaanottimet sekä televisiot. Hotelli- tai miehistöverkkoon tarvitaan lisää komponentteja, kuten modulaattorit ja multiplekseri.

Modulaattori muuntaa digitaalisen signaalin vastaanottimen jälkeen analogiseksi, jolloin hyteissä voidaan käyttää pelkkää monitoria television katselemiseen. Katsottavien kanavien määrä riippuu vastaanottimien määrästä, eikä kanavanvaihtoja ole mahdollista suorittaa muissa kuin laitetilassa olevassa vastaanottimessa. Hotelliverkkoon tarvittavassa multiplekserissä voidaan valita yksi sisääntulo usean sisääntulon joukosta ja yhdistää tämä sisääntulo uloslähtöön.

2–6 kappaletta 75 Ω :a yksinapaista koaksiaalikaapelia tarvitaan 04-sarjan antennissa ACU:n ja antennilautasen välille riippuen mikropään ja LNB:n kokoonpanosta. Yksi kaapeleista syöttää tasavirtaa sekä ohjaussignaalia modeemin kautta (70 KHz) ACU:n ja PCU:n välillä, ja se ohjaa antennin toimintaa sekä toimittaa tarvittavan sähkönn antennin moottoreille. Paluusignaalin ACU saa LNB:stä tulevasta koaksiaalikaapelista. 2–4 kaapelia tarvitaan ACU:sta LNB:lle riippuen käytettävästä polarisaatiosta. Yksi kaapeli on hyvä jättää varalle. Riippuen ACU:n ja PCU:n välisestä etäisyydestä laitetoimittajat antavat mitoitus tiedot, minkä kokoinen kaapeli tarvitaan, jotta tarvittava signaali- ja virtavoimakkuus säilyy. Yli 90 m:n kaapelipituuksilla on parempi käyttää optista kuitukaapelia sekä muuntimia, jotta taataan riittävä signaalitaso. Pitkien etäisyyksien vuoksi suurien risteilylaivojen verkot toteutetaan pääsääntöisesti valokuiduilla.

3.2.1 Antenna Control Unit (ACU)

ACU on tärkein ohjaava yksikkö kokoonpanossa. Sen tehtävänä on nimensä mukaisesti ohjata antennin liikettä saatujen signaalien ja asetusten perusteella. ACU:un on myös liitetty laivan hyrräkompassi sekä mahdollinen kosketusnäyttöohjain. Virransyöttö järjestelmään tapahtuu ACU:n kautta, jossa sähkö muutetaan tasasähköksi ja

jännite pudotetaan arvoon +30 VDC. On erittäin tärkeää antaa ACU:lle häiriötön sähkönsyöttö aluksen verkosta, ja sen vuoksi virta ohjataan Uninterruptible Power Supplyn (UPS) kautta. UPS ei kuitenkaan välttämättä pysty suodattamaan kaikkein suurimpia virtapiikkejä, eli on muistettava sammuttaa kaikki järjestelmät siirryttäessä maasyöttöön tai maasyötöstä takaisin aluksen generaattorikäyttöön.



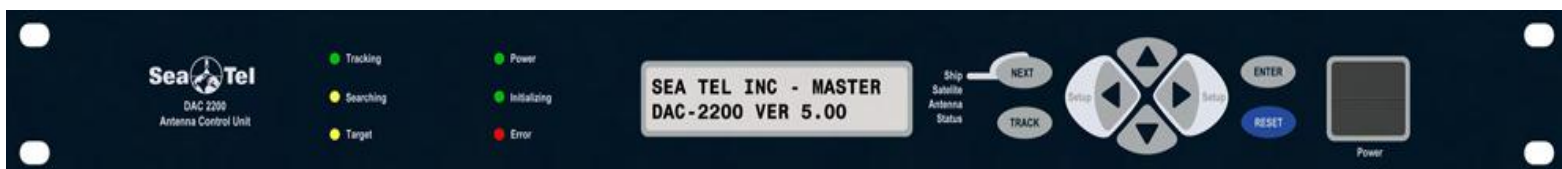
Kuva 8. Sea Tel DAC-2202 ACU:n kytkennät (Cobhamin www-sivut 2012).

ACU:n tehtävänä on automaattisesti laskea korkeuskulma, atsimuutti ja polarisaation osoitinkulmat perustuen aluksen leveyspiiriin, pituuspiiriin sekä halutun satelliitin pituuspiiriasemaan. Valmiiksi ohjelmoidut hakukuviot automaattisesti skannaavat halutun satelliitin aluetta, mikäli signaalia ei löydy. Nämä kaksi toimintoa tekevät satelliitin uudelleen löytämisen helpoksi. ACU:n sisälle on rakennettu satelliitin tunnistusvastaanotin, joka jäljittää satelliittia Network ID (NID) koodin avulla. Tämän toiminnon avulla jäljitysvastaanotin (DVB vastaanotin) käyttää vastaanotettua tunnistussignaalia antennin tarkkaan suuntaamiseen.

Vastaanotonasetukset ACU:ssa ovat erityisen tärkeitä, koska korkea taajuus muunnetaan jäljitystaajuudeksi. Satelliitista tuleva signaali muutetaan ACU:ssa välitaajuuteen 950–2150 MHz. Tämä sisäinen digitaalivastaanotin sallii käyttäjän myös virittää ACU:n mille taajuudelle tahansa 1 MHz:n asteikolla välillä 950–2150 MHz jäljitettäessä satelliittisignaalia.

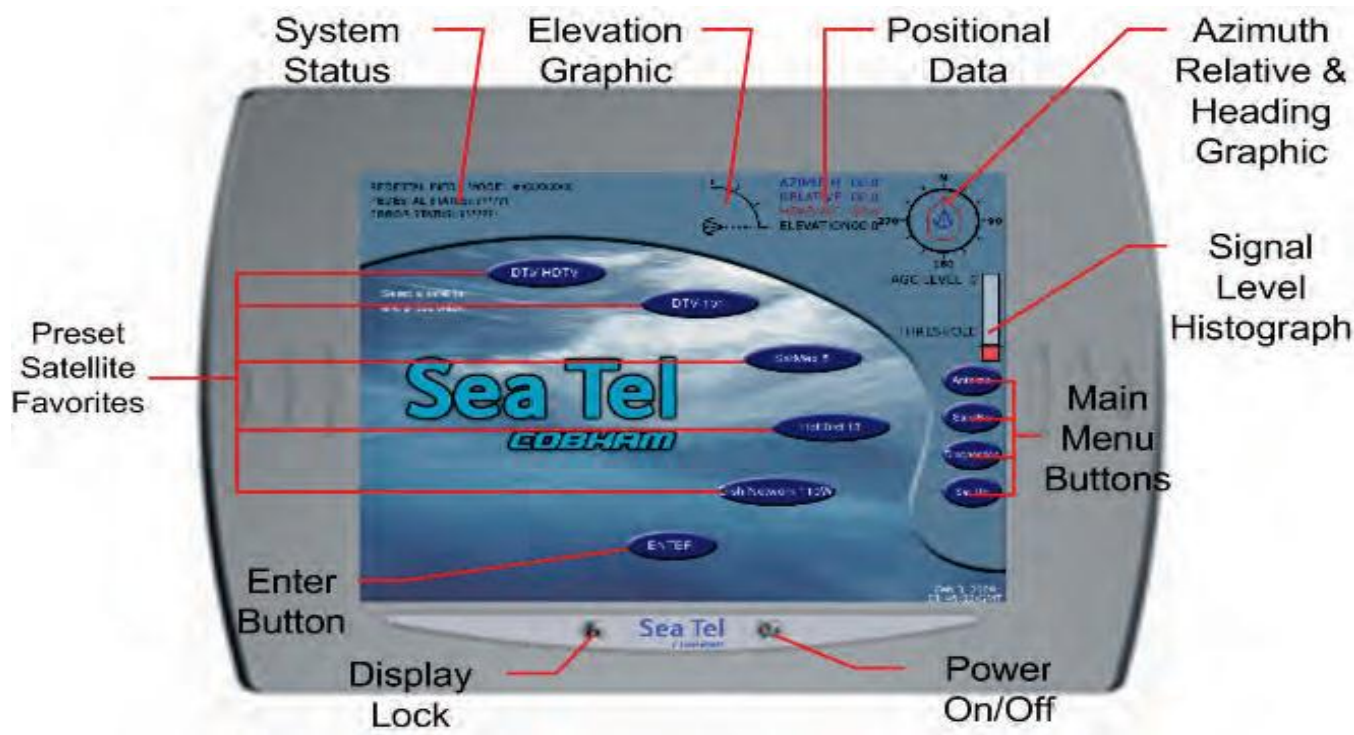
Internetissä on muutamia sivustoja esimerkiksi linsat.com tai satbeams.com, joiden avulla voidaan helposti laskea tracking frequency (jäljitystaajuus). Esimerkiksi kun Ku-band taajuudesta 12297 MHz vähennetään LNB:n paikallisoskillaattorin LO-taajuus 11250 MHz (US circular LNB), saadaan jäljitystaajuudeksi 1047 MHz. Eurooppalaisia (European Quad Universal Linear) jäljitystaajuuksia laskettaessa tulee

ottaa huomioon onko kysymyksessä Low band (10,7–11,7 GHz), jolloin jäljitystaajuutta laskettaessa vähennetään 9,75 GHz. Mikäli taajuus on High band (11,7–12,75 GHz) vähennetään 10,6 GHz, jotta saadaan oikea jäljitystaajuus. Valittaessa taajuutta on parempi suosia suuria televisioyhtiöitä, kuten esimerkiksi CNN tai BBC tms.



Kuva 9. Sea Tel DAC-2200 ohjauspaneeli (Cobhamin www-sivut 2012).

Touch Screen Controller (TSC) voidaan asentaa optiona DAC:n rinnalle helpottamaan järjestelmän käyttöä. TSC mahdollistaa ACU:n ohjauksen graafisella Linux-käyttöliittymällä, ja siinä on 600 MHz:n suoritin sekä 1 GB muistia. TSC:n avulla käyttäjän on helppo hallita tallennettuja satelliitteja sekä lisätä uusia. TSC suorittaa systeemin diagnostiikkaa sekä tekee vianmääritystä yleisimmille ongelmille. Se kertoo käyttäjälle kaiken tärkeän tiedon yhdellä sivulla ja asetusten konfigurointi on helppoa.



Kuva 10. TSC-10A Touch Screen Controller (Cobhamin www-sivut 2012).

3.2.2 Multiswitch

Multiswitch reitittää satelliittisignaalin koaksiaaliakaapelista Intermediate Frequency (IF) -kaapelia pitkin yhdelle vastaanottimista. Satelliittivastaanottimessa kanavaa vaihdettaessa se käyttää virtaa ja/tai äänitaajuutta valitsemaan oikean signaalitulon kanavalle, joka valittiin. Jokaista multiswitchin ulostuloa (output) ohjaa sen satelliittivastaanottimen jännite ja/tai äänitaajuus, joka on kytketty tähän ulostulon liittimeen. Jännitetaso tästä koaksiaalista valitsee polaarisuuden 13 VDC:n ollessa vertikaali tai oikeakätinen ympyräpolarisaatio ja 18 VDC:n horisontaali tai vasenkätinen ympyräpolarisaatio. Äänitaajuus valitsee, mitä kaistaa (High 22 kHz, Low ei ääntä) sisääntulosignaali reititetään siihen ulostuloliittimeen ja siksi siihen vastaanottimeen, josta kanavan valinta suoritettiin.

Multiswitchin jokainen uloslähtö toimii erillään muista, ja sen vuoksi se sallii myös satelliittivastaanottimien toimia itsenäisesti. Yksi multiswitchin uloslähdöistä on kytkettävä ACU:uun, jotta saadaan paluusignaali antenninohjaukseen. Cobhamilla on valikoimassa 4, 8, 12 ja 16 uloslähtöä sisältävät multiswitchit.

4 YLLÄPITO

4.1 Huolto

Ennakoiva huolto on tärkeää, jotta varmistutaan järjestelmän toimivuudesta. ACU:sta tarkistetaan, että saadut parametrit ovat samat kuin siihen asennetut. Lisäksi verrataan ACU:n antamaa tietoa keulasuuntimasta ja positiosta aluksen laitteiden antamiin tietoihin. Järjestelmää on mahdollisuus käyttää, mikäli laivan hyrräkompassiin tulee vikaa, mutta tämä vaatii kuitenkin asetusten konfigurointia, enkä tässä puutu asiaan enempää. Samalla on hyvä tarkistaa kaikkien laitetilassa olevien kaapeleiden liitokset, jotta aluksen aiheuttamat värinät eivät ole niitä löystyttäneet. Riittävä ilmastointi on erityisen tärkeää laitteiden toiminnan kannalta. Laitetilat ovat usein suhteellisen pieniä ja sisältävät paljon eri laitteita, jotka tuottavat runsaasti lämpöä ympäristöön. Elektroniikan komponentit ovat erityisen herkkiä korkeille lämpötiloille. Ennen kuin aletaan suorittaa kannen yläpuolisten laitteiden tarkistuksia, tulee järjestelmä sammuttaa. Tarvittavat sähkökytkennät eristetään, tarvittavat varoituskyttilä laitetaan paikalleen ja informoidaan miehistöä käynnissä olevasta huollosta.

Suojakuori on hyvä tutkia visuaalisesti ulkopuolelta, ettei ole havaittavissa mitään halkeamia, joista mahdollinen kosteus pääse siirtymään sisäpuolelle. Samalla voidaan tarkistaa tarkistusluukkujen tiivisteiden kunto ja tiiveys sekä suojakuoren kiinnitys jalustaan. Suojakuoren sisäpuolelta tutkitaan sinne mahdollisesti kertynyt vesi tai valkoinen lasikuitujauhe. Mikäli vettä havaitaan, kuivataan se pois ja tutkitaan vuodon syy. Pohjalla oleva lasikuitujauhe kertoo, että antenni on hangannut suojakuoreen. Operoitaessa erittäin kylmissä olosuhteissa on mahdollista, että suojakuoren sisäpuolelle joudutaan asentamaan lisälämmittimiä. Cobham lupaa suojakuoren alimmaksi pakkasrajaksi -30 °C , mutta käytännössä tämä ei tarkoita, että laitteet enää toimisivat siinä lämpötilassa. STX Rauman telakalla valmisteilla olevan S. A. Agulhas II -aluksen koeajoissa ilmeni, että järjestelmä ei toiminut alle -15 °C :n lämpötilassa. Mikäli alus operoi tai tulee operoimaan erittäin kylmissä olosuhteissa, on hyvä asentaa lämmittimet valmiiksi niitä olosuhteita varten.

Antenninjalustasta tarkastetaan vaimennusjousien tai -kumien kunto, jotta ne eivät ole kokoonpuristuneet tai muutoin vahingoittuneet. Maalatuista tai pinnoitetuista pinnoista ei tulisi löytyä ruostetta tai korroosiota. Samoin tarkastetaan kaikkien liittimien liitokset, jotta ne ovat kunnolla kiinni ja kiristetyt. Antenninjalustan lisäksi tarkistetaan mekaanisten liitosten ja vastapainon kiinnitys ja tarvittaessa niitä kiristetään.

Suojakuoren sisäpuolelta tarkistetaan, että siinä ei ole hankausjälkiä. Antenninjalustan ja antennin liikerata tutkitaan mekaanisesti käsin liikuttelemalla. Komponenttien tulee liikkua vapaasti ja kevyellä sormivoimalla. Tarkastetaan atsimuuttiliike, korkeuskulmaliike sekä sivuttaisliike. Mekaaniset rajat tarkastetaan kiertämällä antenni molempiin rajoihin ja vapautetaan. Kiertyneet kaapelit eivät saa liikuttaa antennia takaisin muutamaa astetta enempää. Lopuksi tutkitaan hihnojen kunto sekä tarkistetaan, ettei hihnojen alueella ole mustaa pölyä, joka kertoo hihnojen kulumisesta. Vaihdetaan kuluneet hihnat tarkastuksen yhteydessä uusiin, jotta vältetään ikäviltä yllätyksiltä esimerkiksi, kun omistaja tai vieraat ovat aluksella.

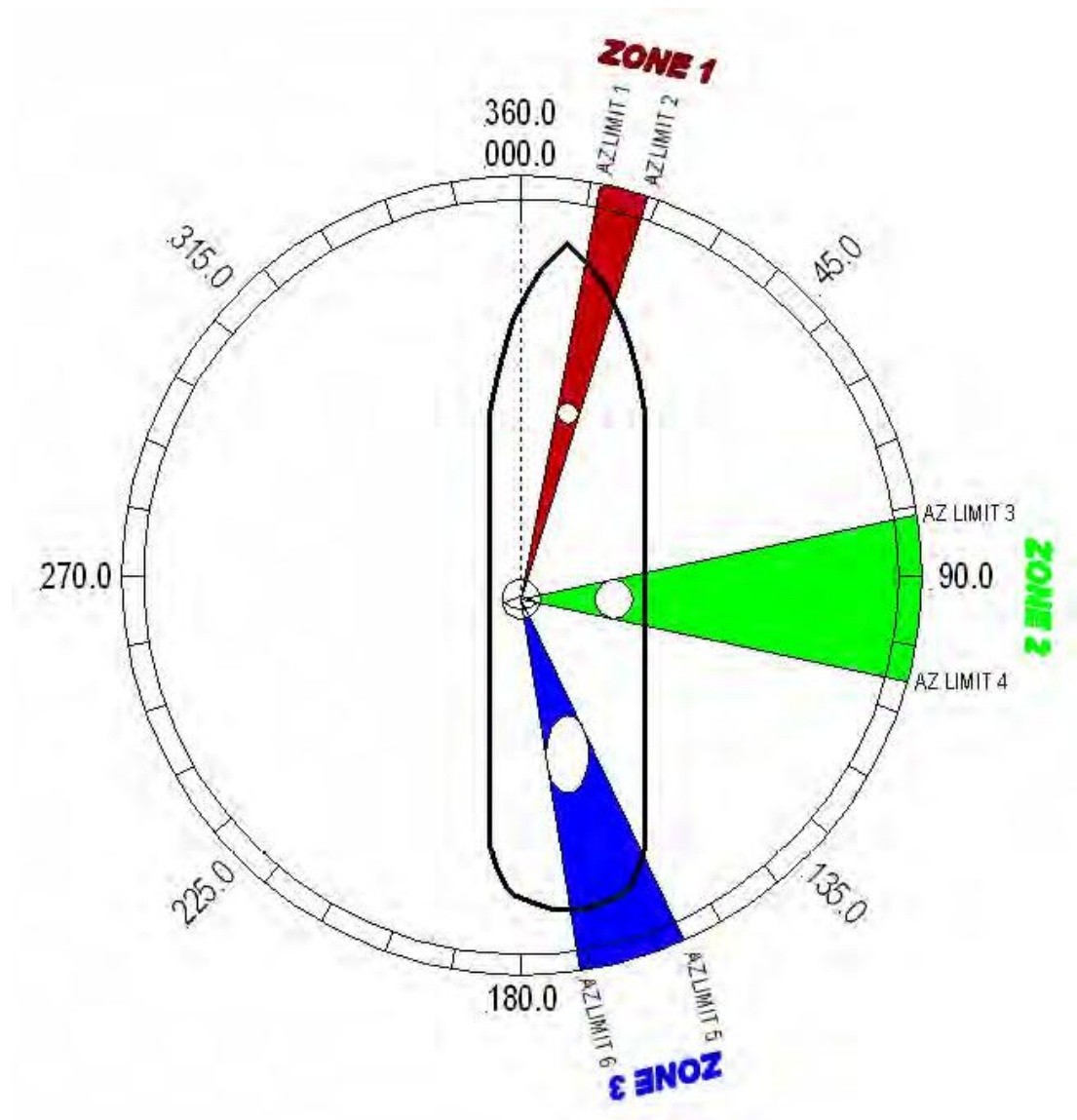
Mikäli jostain syystä yhtäkkiä menetetään kaikki kanavat, eikä mekaanista vikaa tunnu löytyvän. Tällöin kannattaa selvittää palveluntarjoajalta, ettei mitään muutoksia ole tehty kanavapakettien taajuuksiin tai, ettei kanavapaketteja ole poistettu. Voidaan laskea jonkin toisen kanavapaketin jäljitystaajuus samasta satelliitista, ja ohjelmoida se DAC:iin sekä vastaanottiin. Tällä tavalla pystytään helposti tarkistamaan, ettei ongelma ole väärissä asetuksissa, ja vältetään mahdolliselta huoltomiehen turhalta käynniltä. Ohjeet jäljitystaajuuksien laskemiseen on kerrottu kappaleessa 3.2.1 Antenna Control Unit (ACU).

5 SUUNNITTELU JA TULEVAISUUS

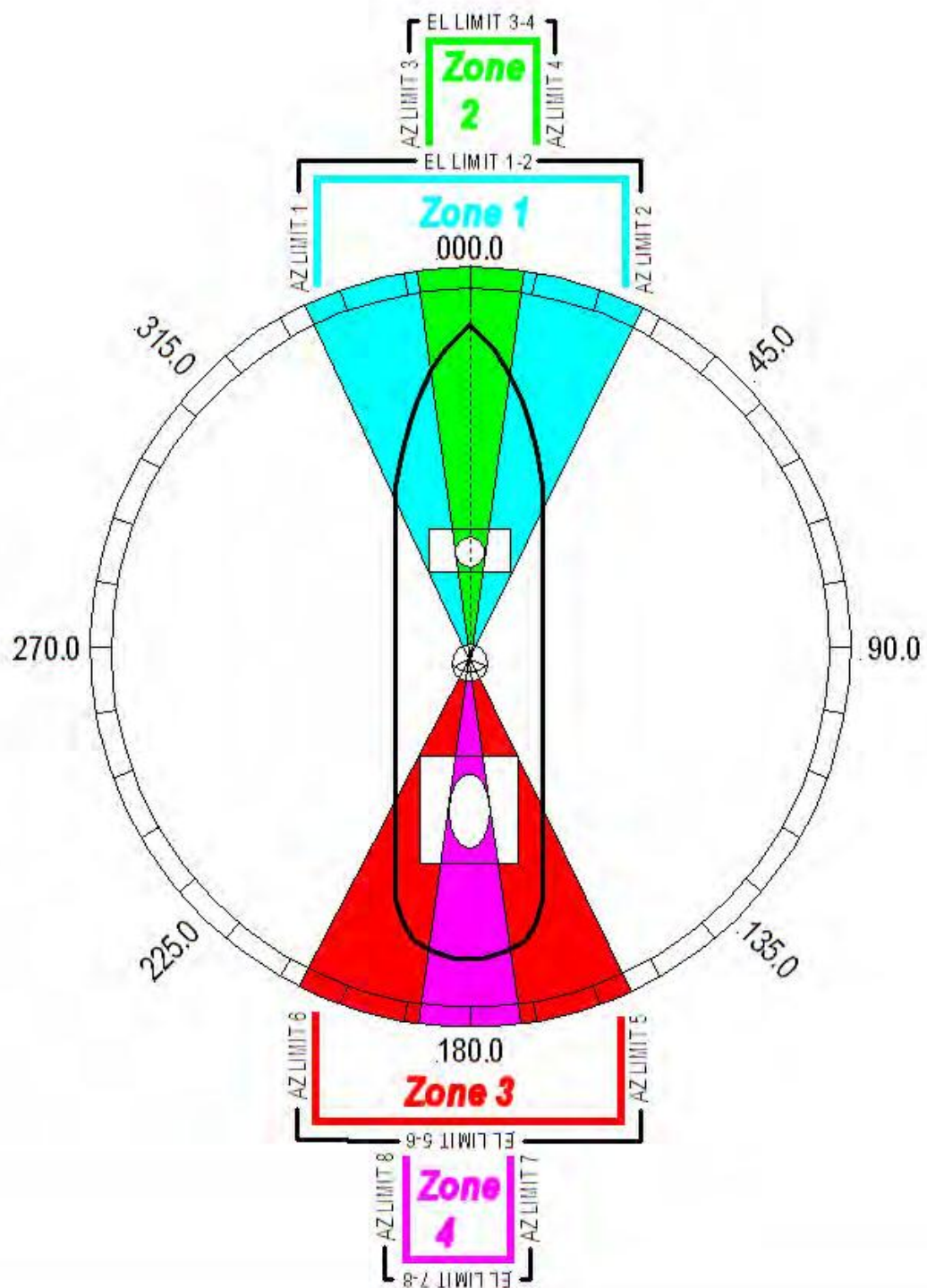
5.1 Suunnittelu

Merenkulussa ongelmia yleensä aiheuttavat eniten korsteenin tai mastojen muodostamat katve-alueet. Jahdeissa on yleensä erillinen antennimasto, jossa antennit ovat muiden rakennelmien yläpuolella, jolloin samanlaista ongelmaa ei pääse syntymään. On tärkeää jo suunnitteluvaiheessa ottaa huomioon mahdolliset katve-alueet, ja mikäli alus ajaa linjaliikennettä, voidaan myös laiturin suuntima suhteessa GEO-satelliitteihin ottaa huomioon. Kahden antennin järjestelmällä voidaan helposti välttää katveet. Järjestelmä vaihtaa antennia automaattisesti, kun antenni tulee esiohjelmoidulle suuntimalle, jossa on este. Lisäksi, kun samalla määritetään esteiden korkeuskulmat, niin turhaa antennin vaihtoa ei tapahdu, vaikka suuntiman mukainen este olisikin ohjelmoituna.

Yksi mahdollisuus on rakentaa kauppa-aluksessa antenniin korkea jalusta, jolloin antenni saadaan nousemaan rakenteiden yläpuolelle. Tässä tulee kuitenkin ottaa huomioon, kuinka antennia pystytään huoltamaan. Olisi ehkä järkevää rakentaa kennon erillinen rakennelma, jossa olisivat mahdolliset kiinteät tikkaat sekä huoltotaso.



Kuva11. Kuvassa ovat paapuurin puolelle sijoitetun satelliittiantennin rakenteelliset esteet. Katvetta muodostavat keulamasto, styyrpuurin puolella Inmarsat-antenni ja perässä laivan korsteeni. (Cobhamin www-sivut 2012.)



Kuva 12. Samalla suuntimalla olevien esteiden jakaminen useaan alueeseen ja samalla on määritetty korkeuskulmat, joilla esteet vaikuttavat. Tällä tavalla saadaan optimoitua satelliitin toiminta. (Cobhamin www-sivut 2012.)

5.2 Tulevaisuus

Antennipuolella suurimmat uutuudet ovat kahden antennin järjestelmät yhdessä jalustassa. Tällä teknologialla voidaan kattaa koko maapallon peittävä peittoalue. Tämän järjestelmän etuna on vain yksi yksikkö kannen yläpuolella. Suojakuori on tosin huomattavasti suurempi, kuin pelkässä Ku-band satelliitissa, koska antennissa on C-band ja Ku-band -peilit. Uutta teknologiaa on myös, se että perinteisiä kaapeleita ei käytetä, vaan sähkö liikkuu jalustan ja antennien välillä liukurenkaita pitkin. Toisena etuna voidaan mainita erilaisten polarisaatioiden vastaanottaminen eri antennilla. C-band antenni voi olla esimerkiksi ympyräpolarisaation vastaanottamiseen ja Ku-band lineaaripolarisaatiolle, jolloin LNB:tä ei tarvitse vaihtaa.



Kuva 13. Sea Tel 9711 QOR-antenni, jossa ovat 1,2 m Ku-band ja 2,4 m C-band antennit (Cobhamin [www-sivut](http://www.cobham.com) 2012).

IPTV (Internet Protocol TV) on ollut matkustajalaivoissa teknisenä alustana jo joitakin vuosia. Järjestelmän etuna on, ettei koaksiaalikaapelia tarvitse vetää hytteihin. IPTV myös mahdollistaa helpon maksutelevisiopalvelujen tuottamisen, koska jokaisella hytillä on oma IP-osoite. Laitteistoon tuleva DVB-S -signaali streamataan User Datagram Protocol/Realtime Transport Protocol (UDP/RTP) -muotoon. Televisiopalveluissa käytettävä UDP eroaa TCP:stä siinä, että se ei tarvitse yhteyttä laitteiden välille, mutta mahdollistaa tiedon siirron, esimerkiksi äänen ja kuvan siirtämisen. RTP on tietoliikenneprotokolla, joka tarjoaa sovellukselle puitteet reaaliaikaiseen tiedon siirtoon. (Karjalainen 2012.)

Jetstream on uusi palvelu, joka on erityisesti suunnattu jahdeille. Alusta tarjoaa reaaliaikaisen pääsyn haluttuihin televisiopalveluihin missä päin maailmaa tahansa maalla, merellä tai ilmassa, kunhan käytössä on Internet-yhteys. Palvelu streamaa halutun ohjelman ja lähettää sen IP:nä eteenpäin, jolloin sitä voidaan katsoa millä päätelaitteella tahansa, jossa on Internet-yhteys. Palvelun yhtenä ideana on tarjota televisioyhteys myös valtamerten ylityksien ajaksi, jolloin Ku-band-antennilla voi olla ongelmia riittävään televisiosignaalin vastaanottoon. (Jetstreamin www-sivut 2012.)

6 YHTEENVETO

Johtuen aika suppeasta alasta Suomessa suomenkielistä materiaalia ei ollut satelliiteista saatavilla, joten työn yhtenä hankaluutena oli tekstin kääntäminen ja ymmärtäminen sekä suomen kieleen ymmärrettävään muotoon muokkaaminen.

Satelliittijärjestelmän käyttäjän tulee ymmärtää kokonaisvaltaisesti järjestelmän toiminta, jotta toimintavarmuus olisi mahdollisimman suuri. Järjestelmän ohjelmointi tulee suorittaa huolellisesti, jolloin ei tarvitse ihmetellä mahdollisia esimerkiksi esteistä johtuvia toimintahäiriöitä. Mahdollisiin tuleviin ongelmiin on jahdeissa kyettävä vastaamaan välittömästi. Teknistä tukea on saatavilla laitetoimittajilta, ja suurimmat yritykset pystyvät tarjoamaan 24/7 tukea. Harkitsisin kuitenkin joidenkin miehistön jäsenten, esimerkiksi osan kansipäällystöstä sekä konepäällystön kurssittamista laitetoimittajan toimesta. Tällöin aluksessa säilyisi joidenkin ihmisten alusta vaihtaessa tietotaitoa järjestelmän hoitamisesta ja sitä pystyttäisiin siirtämään eteenpäin uusille miehistön jäsenille.

Osalla aluksista voi myös olla huoltosopimus, tai laitteet on hankittu vuokraperiaatteella, jolloin laitetoimittaja voi kieltää koskemasta laitteisiin. Kauppa-aluksissa voidaan pitää varalla esimerkiksi hihnoja ja muutamia pienempiä komponentteja. Jahdeissa on varauduttava ongelmiin aivan eri tasolla. Riippuen jahdin liikennealueesta tai -alueista on mietittävä, minkälaisia varaosia ja komponentteja aluksessa tulee olla, varsinkin suunniteltaessa esimerkiksi maailmanympärimatkaa. Mielestäni mukana tulisi olla ainakin muutama vastaanotin, mahdollinen vara-DAC, varasähkömoottorit, erilaiset LNB:t sekä muita järjestelmän pienempiä komponentteja, liittimiä sekä kaapelia ja hihnoja.

Tulevaisuudessa mielestäni kannattaa vakavasti harkita aiheen ottamista osaksi koulutusohjelmaa esimerkiksi elektroniikan yhteyteen. Toivottavasti myös joku opiskelijoista kiinnostuisi aiheesta ja jatkaisi aihetta tekemällä opinnäytetyön esimerkiksi alusten tietoliikennejärjestelmistä. Erityiskiitokset haluan mainita SAMK:iin Joni Syrjälle ohjauksesta ja Kirsi Uolalle työn kieliasun tarkastuksesta sekä toimitusjohtaja Raimo Karjalaiselle Maxisat Networks Oy:öön haastatteluista ja saadusta teknisestä tuesta.

LÄHTEET

Cobhamin www-sivut 2012. Viitattu 18.2.2012. <http://www.cobham.com>

Cobham 04 -sarjan Ku-band TVRO manuaali 2012.
http://www.cobham.com/media/71135/122595_C1.pdf

Cobham DAC-2202 manuaali 2012. http://cobham.com/media/71165/126523_E1.pdf

EBU:n www-sivut 2012. Viitattu 14.3.2012. <http://www.ebu.ch>

ESA:n www-sivut 2012. Viitattu 28.2.2012. <http://www.esa.int>

Eutelsatin www-sivut 2012. Viitattu 15.3.2012. <http://www.eutelsat.com>

Iridiumin www-sivut 2012. Viitattu 23.2.2012. <http://www.iridium.com>

ITU:n www-sivut 2012. Viitattu 20.2.2012. <http://www.itu.int>

Jetstreamin www-sivut 2012. Viitattu 29.3.2012. <http://www.jetstream.mc>

Karjalainen, R. 2012. CEO, Maxisat Networks Oy. Helsinki. Haastattelut 15.2. ja 29.3.2012.

MIT:n www-sivut 2012. Viitattu 28.2.2012.
<http://www.mit.edu/invent/iow/rosen.html>

NASA:n www-sivut 2012. Viitattu 20.2.2012. <http://www.earthobservatory.nasa.gov>

Penttinen, J. 2006. Tietoliikennetekniikka, 3G ja erityisverkot. Helsinki: WSOY.

Rautiainen, P. 2011. M/S Ailan satelliittijärjestelmän uudistus. Opinnäytetyö. Merenkulun koulutusohjelma. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Viitattu 18.2.2012.
<http://www.publications.theseus.fi>

Satellite Signalin www-sivut 2012. Viitattu 1.3.2012. <http://www.satsig.com>

Satlexin www-sivut 2012. Viitattu 14.3.2012. <http://www.satlex.net/fi/home.html>

Seasatcomin www-sivut 2012. Viitattu 14.3.2012. <http://seasatcom.com>

Superyachtimagesin www-sivut 2012. Viitattu 3.3.2012.
<http://www.superyachtimages.com>

Specifications Series 04 Ku-Band TVRO Antenna

Stabilized Pedestal Assembly

Stabilization: Three axis: Train, Cross-level, and Level

Positioning: Two Axis (Azimuth, Elevation)

AZ Drive motor: Double stacked size 23 Brushless DC Motor w/Encoder

EL/CL Drive motors: Size 23 Brushless DC Motors

Angular motion range:

Elevation: -15 to +120 degrees

Azimuth: +/- 345 degrees (015 to 705)

Cross-Level: Up to +/- 30 degrees

Stabilization Accuracy 0.2 degree PEAK error under maximum ship's motion condition.

Elevation Pointing 00.0 (horizon) to 90.0 (zenith)

Relative Azimuth Pointing: 020.0 to 700.0 (Unwrap should occur at 023.0 or 697.0)

Specified Ship Motions (for stabilization accuracy tests):

Roll: +/-15 degrees at 8-12 sec periods

Pitch: +/-10 degrees at 6-12 sec periods

Yaw: +/-8 degrees at 15 to 20 sec periods

Turning rate: Up to 12 deg/sec and 15 deg/sec/sec

Headway: Up to 50 knots

Mounting height: Up to 50 m.

Heave 0.5G

Surge 0.2G

Sway 0.2G

Maximum ship motion:

Roll: +/- 25 degrees w/6 sec periods

Pitch: +/- 15 degrees w/6 sec periods

Yaw: +/- 8 degrees w/6 sec periods

Tangential Acceleration: +/- 0.5 g

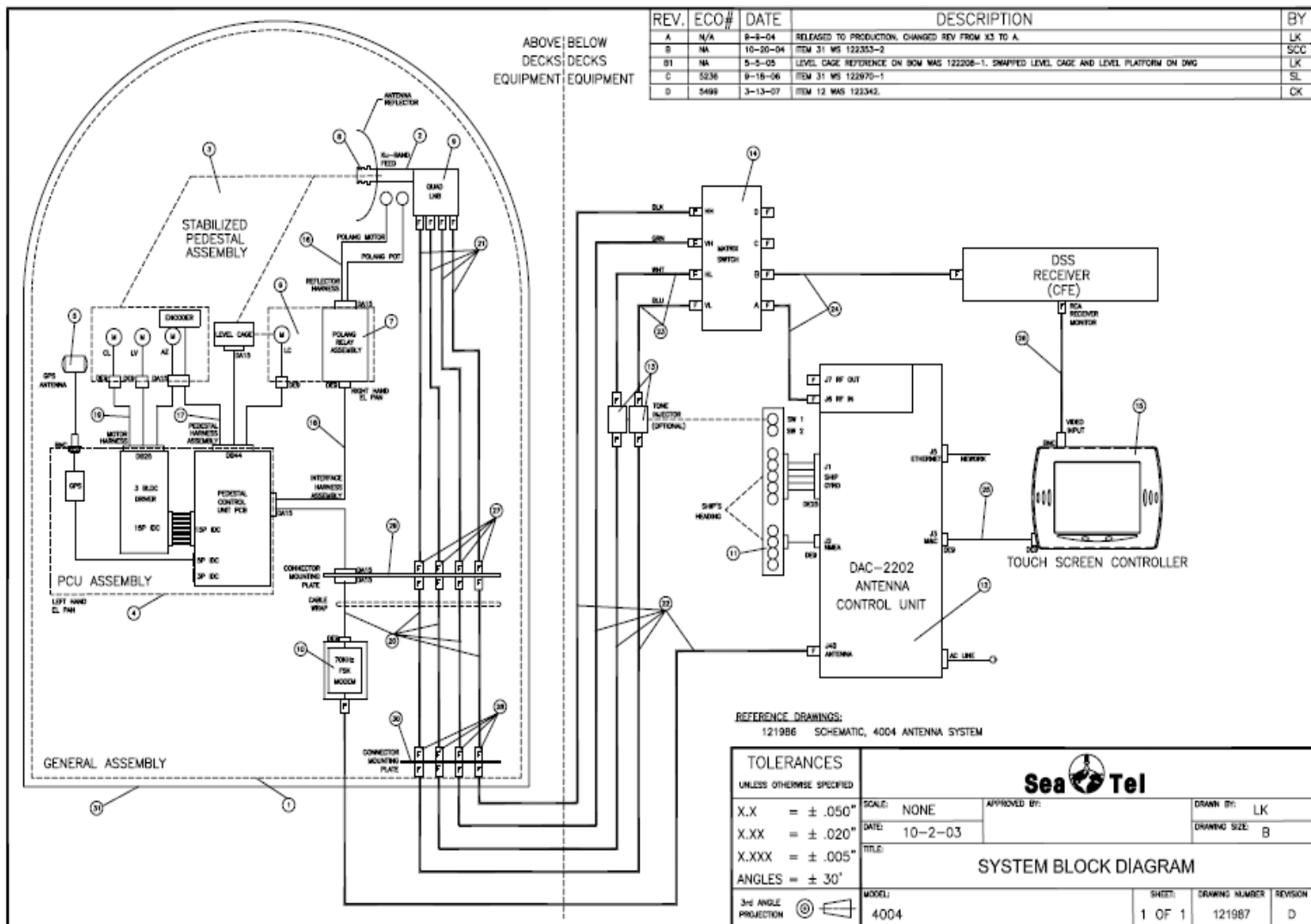
Surge/Sway/Heave: +/- 0.2 g

Turning rate: 12 deg/sec @ 5 deg/sec/sec.

Headway: Up to 30 knots.

Teknisiä tietoja ja ominaisuuksia Sea Tel 04 -sarjan antennijalustasta.

LIITE 2



Kaapeleiden kytkentäkaavio (Cobhamin www-sivut 2012).